

KÖMÜRHAN KÖPRÜSÜ'NÜN DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNİN ANALİTİK VE DENEYSEL MODAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ

Alemdar BAYRAKTAR, Ahmet Can ALTUNIŞIK, Barış SEVİM, Temel TÜRKER
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Arman DOMANIÇ

Yüksel Domanıç Mühendislik Limited Şirketi

Yavuzhan TAŞ

Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü

ÖZET

Bu çalışmada, Malatya-Elazığ karayolu üzerinde bulunan Kömürhan Köprüsü'nün dinamik karakteristiklerinin analitik ve deneysel modal analiz yöntemleriyle belirlenmesi ve elde edilen değerlerin birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Köprü'nün sonlu eleman modeli SAP2000 programı kullanılarak oluşturulmuş ve dinamik karakteristikler analitik olarak elde edilmiştir. Operasyonel Modal Analiz yöntemi kullanılarak köprü'nün dinamik karakteristikleri deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel ölçümler sırasında titreşim hareketi olarak taşıt yükünden yararlanılmıştır. Ölçüm verilerinin karşılaştırılabilmesi için hem kutu kesit içerisinden hem de tabliye üzerinden ölçümler alınmıştır. Ölçüm süresi, frekans aralığı ve etkin mod sayısı daha önce yapılmış benzer ölçümlerden faydalanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerin değerlendirilip dinamik karakteristiklerin elde edilmesinde frekans ortamında Piklerin Seçilmesi yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonunda, analitik ve deneysel olarak elde edilen dinamik karakteristikler birbirleriyle karşılaştırılmış, doğal frekansların birbirine yakın ve mod şekillerinin ise uyumlu olduğu görülmüştür.

1. GİRİŞ

Kömürhan Köprüsü Elazığ-Malatya karayolunun Fırat Nehri ile kesiştiği nokta olan 51. kilometresinde geçişi sağlayan köprüdür. Fırat'ın bu kesimindeki tek köprü olduğu için de lojistik önemi büyüktür. Bu nedenle de yaya olarak geçmek veya arabayla geçerken duraklamak yasaktır. Köprü'nün yapımına 23.02.1983 tarihinde başlanılmış ve 08.04.1986 tarihinde tamamlanarak trafiğe açılmıştır. Türkülere konu olan bu köprü, Malatya ile Elazığ il sınırının tam ortasında olup 1986 yılından beri de Karakaya baraj gölünün iki tarafını birbirine bağlamaktadır. Kömürhan Köprüsü yapılımadan önce Elazığ-Malatya illeri arasındaki ulaşım bağlantısı çeşitli yollarla yapılmaktaydı. 1930'lu yıllara kadar ulaşım sadece sal ve kayıklarla, daha sonra ise 1. Dünya Savaşı yıllarında yapılmış olan ahşap bir köprüyle sağlanmıştır. Fakat suların yükselmesi ile birlikte ahşap köprü yıkılmış, dolayısıyla sal ve kayıklarla ulaşım tekrar dönmüştür. Bu nedenle Kömürhan Boğazi'nde betonarme bir köprü yapılması kararlaştırılmıştır. 1 Ağustos 1930 tarihinde başlayan betonarme köprü inşaatı 3 Nisan 1932 tarihinde tamamlanmıştır. Köprü'nün yapımcısı bir İsveç firması olan Nidgivist ve Helm Anonim Şirketi'dir.

Köprü, esasında İsmet Paşa Köprüsü olarak isimlendirilmesine rağmen, Kömürhan Köprüsü olarak da anılmaktadır. Kömürhan Köprüsü 109.60m orta açıklık uzunluğuyla kemer tipinde yapıldığı dönem itibariyle dünyanın en büyük altıncı betonarme köprüsü olma özelliğini kazanmıştır. Uzun yıllar bölgeye hizmet eden bu ilk köprü'nün, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında inşaa edilmiş olan Karakaya Baraj Gölü'nün suları altında kalacağı öngörüldüğü için, boğaza yeni bir köprü'nün yapılması gerekmiştir. Bu amaçla köprü'nün hemen yanına 1983-1986 yılları arasında bir yenisi inşaa edilmiştir. Bu yeni yapı Türkiye'nin ilk dengeli konsol yöntemi ile imal edilmiş köprüsü olma özelliğini taşımaktadır. **Şekil 1**'de yeni ve eski Kömürhan köprüleri gözükmektedir. Karakaya Barajı yapıldıktan sonra orijinal Kömürhan Köprüsü suyun altında kalmıştır. Deneysel ölçümler sırasındaki suyun seviyesine ait bazı görünüşler ise **Şekil 2**'de verilmektedir.

2. KÖMÜRHAN KÖPRÜSÜ'NÜN TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI

Elazığ-Malatya Karayolu'nun 51. km'sinde Fırat Nehri üzerinde 1983-1986 yıllarında yapılmış olan Kömürhan Köprüsü 287m boyunda, 11.50m genişliğindedir. Orta açık-



a) İlk betonarme kemer köprü (1930-1932)



b) Mevcut kutu kesitli köprü (1983-1986)

Şekil 1. Kömürhan Köprüsü'nün ilk ve mevcut durumuna ait bazı görüşler [Url-1]



Şekil 2. Kömürhan Köprüsü'nün deneysel çalışmalar yapıldığı sıradaki su seviyesi

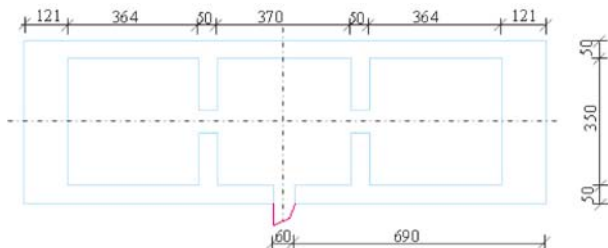
lığı 135m, kenar açıklıkları da 76'şar metre olmak üzere üç açıklıktan meydana gelmiştir. Köprüde 1340 ton inşaat demiri, 143 ton öngerme çeliği kullanılmış ve 11000 m³ beton dökülmüştür. Köprü, taşıyıcı sistem olarak başlıca tabliye, ayaklar, kenar mesnetler ve orta açıklık mafsal düzeneğinden oluşmaktadır.

2.1 Köprü Tabliyesi

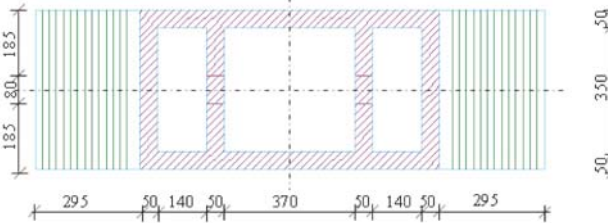
Kömürhan Köprüsü'nün tabliyesi 287m uzunluğunda ve 11.5m genişliğindedir. Tabliye üzerinde trafik

biri gidiş ve biri de geliş olmak üzere iki şeritten sürdürülmektedir. Köprü'nün üst yapısı dengeli konsol ve öngerilmeli kutu kiriş sistemiyle inşa edilmiştir. Mevcut dengenin muhafazası, orta ayaklarda her iki tarafa doğru aynı zamanda inşa edilen segmentlerin yan yana getirilip, öngerilme ile bağlanmaları sonucu yapılmıştır.

Tabliye, köprü orta noktasından itibaren Elazığ ve Malatya tarafına doğru 28'er adet olmak üzere toplam 56 adet segmentten oluşmaktadır. Segmentlerin tamamına yakın

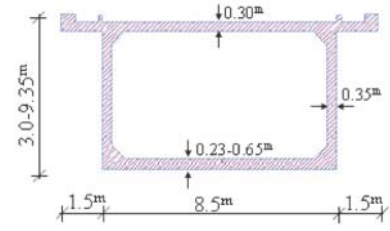


a) Orta ayakların en alt kesit görünüşü (ölçüler cm cinsinden verilmiştir)



b) Orta ayakların en üst kesit görünüşü (ölçüler cm cinsinden verilmiştir)

Şekil 4. Değişken kesitli köprü orta ayaklarına ait kesit görünüşleri



Şekil 3. Değişken kutu kesitli tabliye üstyapısı

kısmı 5m uzunluğundadır. Her bir segment donatılı kutu kesite sahiptir. Donatılı kutu kesitin yüksekliği orta ayak üzerinde 9.35m olmakla beraber, parabolik bir azalım göstererek kenar ayaklarda 3.50m'ye, ortadaki genişleme derzinde ise 3.00m'ye inmektedir. Kutu kesitin yan cidarlarının ve üst tabliyesinin kalınlığı tabliye uzunluğu boyunca sabit olup sırasıyla 0.35m ve 0.30m'dir. Alt tabliye kalınlığı ise kenar ayaklardan orta ayaklara kadar 0.23m'den 0.65m'ye kadar parabolik olarak artmaktadır. Değişken kutu kesitin şematik olarak gösterimi Şekil 3'de verilmektedir.

2.2 Kenar ve Orta Ayaklar

Kömürhan Köprüsü'nün, Elazığ kenar ayağı 60 adet 25m boyunda, Malatya kenar ayağı ise 60 adet 40m boyunda Ø 36'lık kaya ankraj çubukları ile kayaya ankre edilmiştir. Ayrıca, köprü üstyapısını kenar ayak perdesine bağlamak amacıyla her bir ayakta 40 adet olmak üzere, yağ dolu polietilen boru içinden geçirilen, S420 kalitesinde Ø50 çapında çekme çubukları kullanılmıştır. Bu çubuklar Malatya kenar ayağı tarafında 3.7m, Elazığ tarafında ise 4.7m uzunluğundadır. Her biri 59.50m yüksekliğinde olan orta ayaklar 3 gözlü değişken kesitten oluşmaktadır. Kesit genişliği alt tarafta 14.40m olmakla beraber, lineer şekilde azalarak üstte 8.50m'ye düşmektedir. Hidrostatik dengenin korunması için ayak çeper ve göz duvarlarında su geçişine im-

kân veren boşluklar bırakılmıştır. Kömürhan Köprüsü'nün orta ayak temelleri 24x13.5m ebadında, 5m derinliğinde demirli kütle betondur. Değişken ayak kesitine ait görünüşler **Şekil 4**'de verilmektedir.

2.3 Orta Açıklık Mafsals Düzenegi

Köprü'nün orta açıklığında, üstyapı orta açıklık konsollarını birbirine bağlamak amacı ile kutu kesitin içinde çelik kirişlerden oluşan ve moment aktarmayan mafsals şeklinde tasarlanan bir düzenek oluşturulmuştur. Bu şekilde, orta açıklıktaki konsol uçları serbest bırakılmış ve ısı değişimi sebebiyle üstyapıda oluşacak genleşmelere izin verilmiştir. Ayrıca, iki uç arasında bir bağlantı oluşturularak düşey yükler altında üstyapının ortak hareket etmesi sağlanmıştır. Orta açıklık mafsals düzenegi iki adet IPB 600 kesitli çelik kirişten oluşmaktadır. Her bir kiriş Elazığ tarafında üstte ve altta ikişer adet sabit mesnetle, Malatya tarafında ise yine üstte ve altta birer adet düşey yük kapasiteli, enine ve boyuna yönde kayıcı mesnet ile üstyapıya bağlanmıştır. Bu şekilde Elazığ tarafında çelik kirişin dönme ve hareket serbestlikleri engellenerek tam ankastre bir bağlantı oluşturulmuştur. Malatya tarafın-



Şekil 5. Orta açıklık mafsals düzeneginin kutu kesit içersinden görünüşleri

daki mesnetlerde ise dönmelere ve yatay yöndeki hareketlere izin verilmiş ve bu kısmın mafsal olarak hareket etmesi sağlanmıştır. Ayrıca, enine doğrultudaki hareketi kenar takozlar ile engellenmiştir. **Şekil 5**'de orta açıklık mafsals düzenegine ait bazı görünüşler verilmektedir.

3. KÖMÜRHAN KÖPRÜSÜ'NÜN SONLU ELEMAN MODELİ

Köprü'nün sonlu eleman modeli SAP2000 programında, aşağıda belirtilen modelleme kriterleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

- Köprü tabliyesi ve ayakları çubuk elemanlardan oluşturulmuştur. Değişken yükseklikli üstyapı anolarının her biri ortalama kesit özellikleri dikkate alınarak modele katılmıştır. Yine değişken özellikteki ayaklar da 10 ayrı kesit tipi kullanılarak modellenmiştir.
- Ardgerme kabloları moment aktarmayan çubuk elemanlar kullanılarak simüle edilmiştir ve üstyapı uçlarına proje verilerinde belirtilen düşey lokasyonlarında bağlanmıştır. Ardgerme yükleri birim uzamalar cinsinden etki ettirilmiştir.
- Tüm elemanlar kendi geometrik merkezlerinden geçirilmiş, ara bağlantılar rijit çubuk elemanlar yardımı ile sağlanmaktadır. Her bir orta ayak 50 adet sonlu elemana bölünmüş olup, üstyapı anoları ise 0.5m uzunluğunda parçalara ayrılmıştır.
- Kenar ayak mesnetleri yüksek rijitliklere sahip yaylarla tanımlanmıştır.
- Orta açıklık genleşme derzindeki mafsals düzenegi Elazığ tarafından

konsol olarak uzatılan 10cm'lik rijit çubuk eleman ve bunu Malatya tarafına bağlayan bir link eleman ile simüle edilmiştir. Link elemanı boyuna yönde serbest olup, enine ve düşey hareket ile burulma serbestlik derecelerinde yüksek rijitliğe sahip olacak şekilde modellenmiştir. Köprü'nün modellenmesi sırasında dikkate alınan malzeme özellikleri **Tablo 1**'de verilmektedir. Yukarıda belirtilen modelleme kriterleri ve malzeme özellikleri dikkate alınarak oluşturulan iki boyutlu sonlu eleman modeli **Şekil 6**'da verilmektedir.

Şekil 6'dan da görüleceği gibi köprü'nün kenar ayaklarında ve orta mafsalsında Link elemanlar kullanılmıştır. Bu elemanlar ile birlikte kenar ayakların düşey serbestlikleri tamamen tutulmuş, fakat diğer iki doğrultudaki hareketler yarı tutulu olacak şekilde temsil edilerek dönmelere izin verilmiştir. Orta mafsalsda kullanılan Link eleman sayesinde köprü'nün boyuna doğrultudaki hareketine izin verilmiş, düşey ve enine doğrultudaki hareketler tamamen kısıtlanmıştır.

Kömürhan Köprüsü'nün SAP2000 programı kullanılarak gerçekleştirilen modal analizinden elde edilen frekans değerleri ve mod şekilleri **Şekil 7**'de verilmektedir.

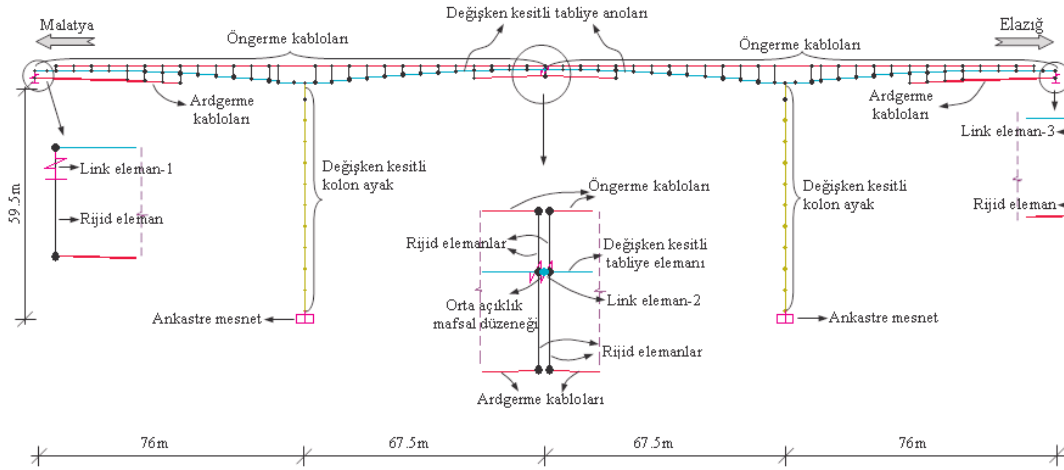
4. DENEYSEL ÖLÇÜM SİSTEMİ

4.1. Deneysel ve Operasyonel Modal Analiz Yöntemleri

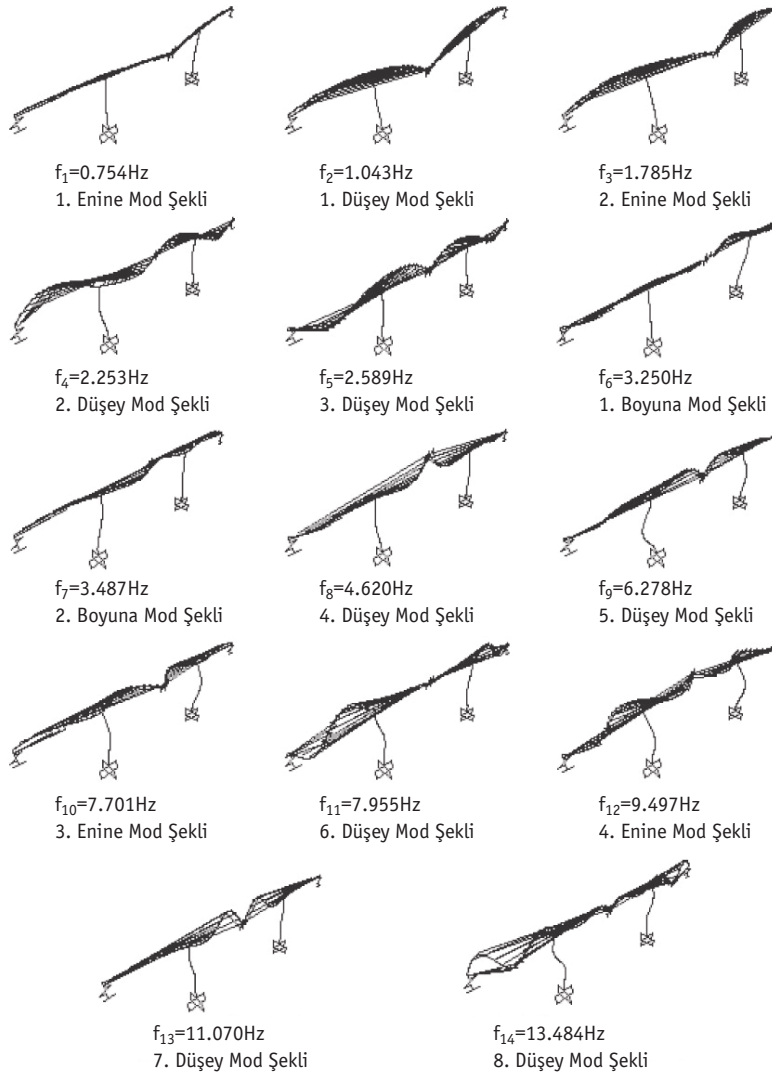
Yapıların mevcut durumlarını yansıtan ve dinamik karakteristikler olarak adlandırılan frekans, mod

Malzeme	Elastisite Modülü (N/m ²)	Poisson Oranı (-)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)
Tabliye	4.25E10	0.2	2500
Ayaklar	4.25E10	0.2	2500
Öngerme Elemanları	1.95E11	0	0
Rijit Elemanlar	1.0E15	0.3	0

Tablo 1. Köprü'nün modellenmesinde dikkate alınan malzeme özellikleri



Şekil 6. Kömürhan Köprüsü'nün iki boyutlu sonlu eleman modeli



Şekil 7. Kömürhan Köprüsü'nün analitik frekans değerleri ve mod şekilleri

şekli ve sönüm oranlarının deneysel ölçüm metotlarına bağlı olarak belirlenmesinde Deneysel Modal Analiz yöntemi kullanılmaktadır. Dünya literatüründe yaygın olarak kullanılan bu yöntemden, ülkemizde yeterince yararlanılamamaktadır. Deneysel Modal Analiz yöntemi kendi içinde Deneysel Modal Analiz (Experimental Modal Analysis) ve Operasyonel Modal Analiz (Operational Modal Analysis) yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Deneysel Modal Analiz yönteminde, yapı, bilinen ve ölçülebilir bir kuvvet ile uyarılmakta ve yapının bu kuvvette verdiği tepki ölçülmektedir. Yapının uyarılması için genellikle elektrodinamik sarsıcılar, sarsma tabloları ve darbe çekicileri kullanılabilir. Elde edilen titreşim verileri ivmeölçerler vasıtasıyla toplanarak sinyal analizörlerinde işlenmektedir.

Operasyonel Modal Analiz yönteminde yapının çevresel bir etki ile (rüzgâr, taşıt yükü, yaya hareketi ve darbe çekici gibi) titreştirildiği kabul edilmekte ve yapının bu titreşime göstermiş olduğu tepki ölçülmektedir. Tepkilerin ölçülüp değerlendirilmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerin matematik tabanları he-

men hemen benzer olup denklem indirgeme teknikleri ve matris oluşturma biçimleri gibi bazı noktalarda farklılıklar bulunmaktadır. Bu yöntemlerden başlıca iki tanesi, literatürde önemli mühendislik yapılarının deneysel ölçüm metodlarına bağlı olarak ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler; frekans ortamında Piklerin Seçilmesi (Peak Peaking-PP) ve zaman ortamında Stokastik Altalan Belirleme (Stochastic Subspace Identification-SSI) yöntemleridir. Bu çalışmada, dinamik karakteristiklerin belirlenmesinde Piklerin Seçilmesi yöntemi kullanılmıştır.

Piklerin Seçilmesi (PP) yöntemi frekans ortamına dayalı bir yöntemdir. Frekans ortamlı yöntemler basitlikleri, işlem hızları ve altyapı gibi nedenlerden dolayı daha çok tercih edilmektedirler. Ancak bu yöntemler geçici bilginin ortalamasını içerdiklerinden detaylar çoğunlukla ihmal edilmektedir. Piklerin seçilmesi yönteminin teorik olarak bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar; piklerin seçilmesi her zaman öznel bir konudur, mod şekilleri yerine operasyonel defleksiyon şekilleri elde edilir ve sadece orantılı sönümlü yapıların gerçek modları elde edilebilir şekilde sıralanabilir. Bütün dezavantajlara rağmen bu yöntem uygulama basitliği ve işlem hızı nedeniyle çevresel titreşim testlerine dayalı inşaat mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [1-8]. Piklerin Seçilmesi yönteminde bilinmeyen etki ve ölçülen tepki arasındaki bağıntı ve formülasyonlar literatürde detaylı olarak açıklanmıştır [9]. Bu bağıntılar,

$$[G_{yy}(\omega)] = [H(\omega)] * [G_{xx}(\omega)] = [H(\omega)]^T \quad (1)$$

denkleminin açılımlarından elde edilmektedir. Burada, $[G_{xx}(\omega)]$ etki sinyaline ait Güç Spektral Yoğunluk Fonksiyonu'nu, $[G_{yy}(\omega)]$ tepki sinyaline ait Güç Spektral Yoğunluk Fonksiyonu'nu ve $[H(\omega)]$ ise Fre-

kans Davranış Fonksiyonu'nu göstermektedir. (1) denklemindeki * ve T sırasıyla fonksiyonun eşleniğini ve transpozisini göstermektedir.

4.2. Deneysel Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi

Deneysel ölçümlerin köprünün hangi noktalarından yapılacağı dinamik karakteristiklerin (frekans, mod şekli, sönüm oranı) doğru olarak belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle köprünün teorik olarak muhtemel hareket noktaları belirlenmiş ve karşılaştırmaların daha iyi yapılabilmesi için 6 farklı ölçüm testi kurulmuştur. Bu ölçüm testlerinde;

- **Ölçüm Testi 1:** Kömürhan Köprüsü'nün orta açıklığında bulunan mafsal düzeneği dikkate alındığında köprü Elazığ ve Malatya tarafı olmak üzere iki eşit ve her bakımdan simetrik parçaya ayrılabilir. Bu nedenle, bu iki parçanın kendi arasında karşılaştırılması gerekliliği orta çıkmıştır. İlk ölçüm, kutu kesiti içerisinden ve Elazığ tarafındaki parçadan tek sıra halinde alınmıştır.

- **Ölçüm Testi 2:** İkinci ölçüm testi, birinci ölçümün simetrisi olacak şekilde köprü kutu kesiti içerisinden ve Malatya tarafındaki parçadan tek sıra halinde alınmıştır. Bu ölçüm ile birlikte Elazığ ve Malatya taraflarında bulunan ayrı iki parçanın dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılması da sağlanabilecektir.

- **Ölçüm Testi 3:** Birinci ve ikinci ölçümler sonrasında her bir parçanın davranışı büyük ölçüde belirlenmiştir. Fakat ölçümler tek sıradan yapıldığından burulma modlarının tam olarak belirlenemeyeceği düşünülmektedir. Bu nedenle üçüncü ölçüm olarak, köprü kutu kesiti içerisinden ve Elazığ tarafındaki parçadan karşılıklı noktalar halinde titreşim ölçümleri alınmıştır.

- **Ölçüm Testi 4:** Köprünün Elazığ ve Malatya tarafında kalan parçalarının birbirleriyle karşılaştırılması

için dördüncü ölçüm de, üçüncü ölçümün simetrisi olarak köprü kutu kesiti içerisinden ve Malatya tarafındaki parçadan karşılıklı noktalar halinde titreşim ölçümleri alınmıştır.

- **Ölçüm Testi 5:** Köprünün Elazığ ve Malatya tarafında kalan parçalarının kendi aralarında ve birbirleriyle karşılaştırılmasından sonra beşinci ölçüm olarak kutu kesiti içerisinden köprünün boydan boya karşılıklı olarak ölçülmesi gerçekleştirilmiştir.

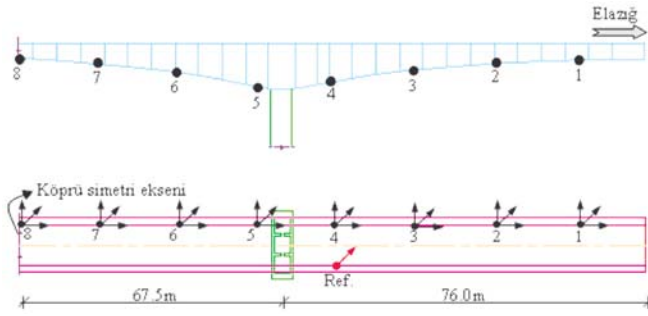
- **Ölçüm Testi 6:** Köprünün kutu kesiti içerisinden ölçümleri tamamlandıktan sonra tabliye üzerinden ölçümlere geçilmiştir. Bu ölçümde, orta ayaklar arasında kalan ana açıklık tek sıra halinde (trafik akışının devamına sağlamak amacıyla) yerleştirilen ivmeölçerlerle ölçülmüştür.

5. DENEYSEL TİTREŞİM TESTLERİ

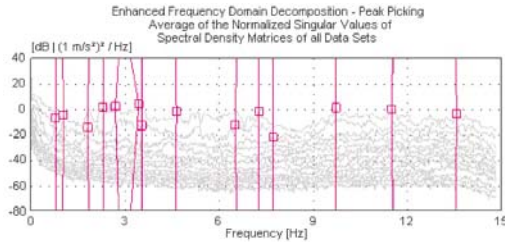
Kömürhan Köprüsü'nün dinamik karakteristiklerinin titreşim testleri yapılarak belirlenmesinde Operasyonel Modal Analiz [10] yöntemi kullanılmıştır. Ölçüm testleri dört adet üç eksenli ve bir adet tek eksenli ivmeölçer kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İvmeölçerlerden elde edilen sinyaller 17 kanallı Brüel & Kjaer 3560 veri toplama ünitesinde birleştirilip PULSE yazılımına aktarılmıştır. Burada sinyaller işlendikten sonra OMA yazılımı kullanılarak dinamik karakteristikler elde edilmiştir. Köprüyü titreştirmek amacıyla taşıt yükü gibi çevresel etkilerden yararlanılmıştır.

5.1. Birinci Ölçüm Testi

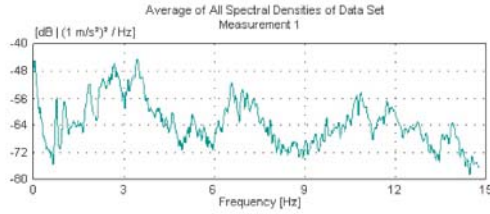
Köprünün dinamik karakteristiklerini elde edebilmek amacıyla ilk ölçüm testinde biri referans olmak üzere dokuz farklı noktadan üç eksenli ivmeölçerler kullanılarak köprünün titreşim verileri toplanmıştır. Veri alınması istenilen nokta sayısı kanal sayısından fazla olduğu için referanslı ölçümlerin yapılmasına



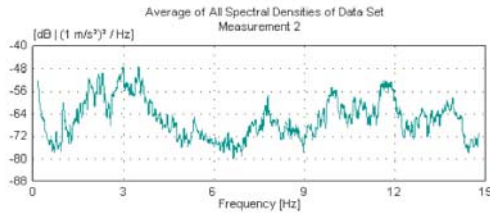
Şekil 8. Referanslı olarak gerçekleştirilen ilk ölçüm düzeneği



Şekil 10. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak ilk ölçümden elde edilen tekil değerler



a) Birinci ölçüm testinin ilk adımı



b) Birinci ölçüm testinin ikinci adımı

Şekil 11. İlk ölçüm için bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları

karar verilmiştir. Bunun için ölçüm testi iki adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler Şekil 8'de gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına yerleştirilmiş ve titreşim verileri toplanmıştır. İkinci adımda ise ivmeölçerler 5, 6, 7 ve 8 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu iki ölçümdeki titreşim sinyalleri Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleş-

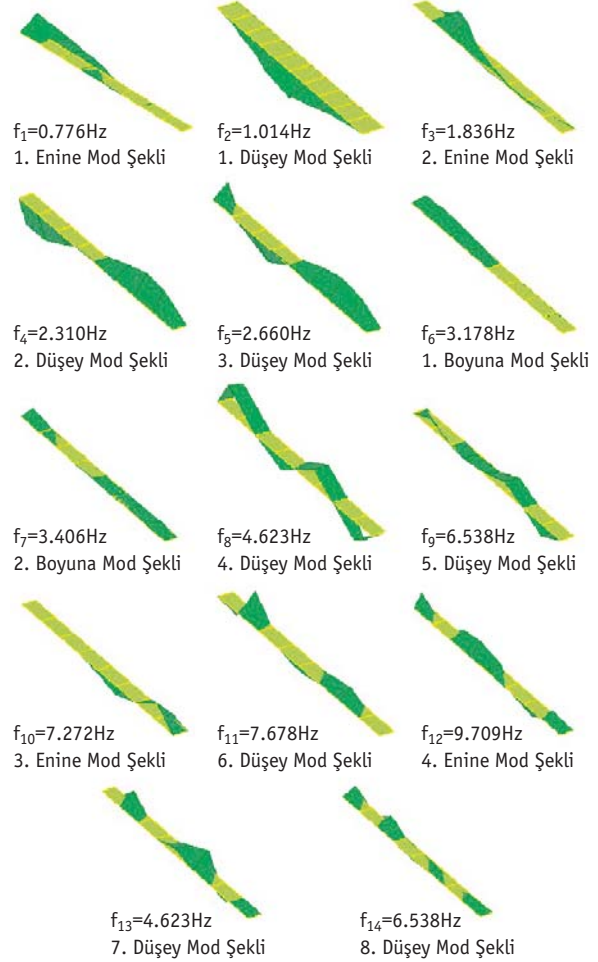
tirilmiştir. Birinci ölçümün alınması sırasında ölçüme ait bazı görüşler Şekil 9'da verilmektedir. Köprünün dinamik karakteristikleri, Operasyonel Modal Analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen titreşim testlerinden frekans ortamında Piklerin Seçilmesi (PP) yöntemiyle elde edilmiştir. Modal parametreler, Piklerin Seçilmesi yönteminde her bir titreşim sinyalinden tekil değerler



a) Veri toplama ünitesi

b) İvmeölçer

Şekil 9. Birinci ölçüm sistemine ait bazı görüşler



Şekil 12. Deneysel olarak elde edilen ilk on dört mod şekli

olarak elde edilmiştir. Şekil 10 ve 11'de bütün sinyallerden elde edilen tekil değerler ve bütün titreşim sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir. Köprünün deneysel ölçümlerinden elde edilen ilk on dört mod şekli Şekil 12'de verilmektedir. Deneysel mod şekilleri dikkate alındığında 1., 3., 10. ve 12. modların köprünün enine doğrultudaki hareketi

olarak, 2., 4., 5., 8., 9., 11., 13. ve 14. modların köprünün düşey doğrultudaki hareketi olarak, 6. ve 7. modların ise köprünün boyuna doğrultudaki hareketi olarak elde edildiği görülmüştür.

5.2. İkinci Ölçüm Testi

İkinci ölçüm testi hazırlanırken seçilen noktalar birinci ölçüm sisteminin simetrisi olacak şekilde seçilmiştir. Bunun amacı, köprünün orta açıklıkta bulunan mafsals düzeneğiyle iki eşit parçaya ayrılan kısımlarının aynı hareketi yapıp yapmadığının kontrol edilmesini sağlamaktır. Ölçüm testi iki adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler **Şekil 13**'de gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına yerleştirilmiş ve titreşim verileri toplanmıştır. İkinci adımda ise ivmeölçerler 5, 6, 7 ve 8 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu iki öl-

çümdeki titreşim sinyalleri Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleştirilmiştir. İkinci ölçüm sistemine ait bazı görünüşler **Şekil 14**'de verilmektedir.

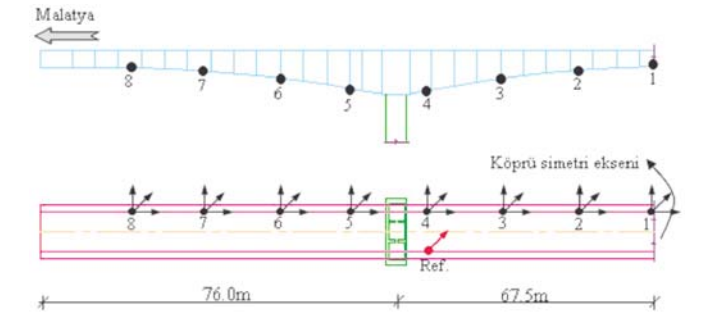
Şekil 15 ve **16**'da ikinci ölçüm testine ait bütün sinyallerden elde edilen tekil değerler ve bütün titreşim sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir. İlk iki ölçümden elde edilen frekans değerleri karşılaştırıldığında verilerin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. İkinci ölçümden elde edilen mod şekilleri de ilk ölçümden elde edilen mod şekilleri ile paralellik göstermektedir.

5.3. Üçüncü Ölçüm Testi

İlk iki ölçüm testi yapıp köprünün Elazığ ve Malatya tarafında kalan

parçalarının davranışları birbirleri ile karşılaştırıldıktan sonra her bir parçası kendi arasında burulma açısından incelenmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle üçüncü ölçüm olarak, köprünün Elazığ tarafındaki parçasından karşılıklı noktalar halinde titreşim ölçümleri alınmıştır. Bu ölçüm testinde de yine biri referans olmak üzere dokuz farklı noktadan üç eksenli ivmeölçerler kullanılarak köprünün titreşim verileri toplanmıştır. Ölçüm testi iki adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler **Şekil 17**'de gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına yerleştirilmiş ve titreşim verileri toplanmıştır. İkinci adımda ise ivmeölçerler 5, 6, 7 ve 8 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu iki ölçümdeki titreşim sinyalleri Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleştirilmiştir. Üçüncü ölçüm düzeneğine ait bazı görünüşler **Şekil 18**'de verilmektedir.

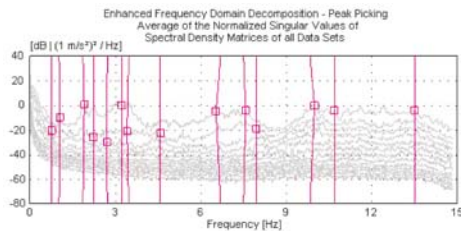
Şekil 19 ve **20**'de üçüncü ölçüm testine ait bütün sinyallerden elde



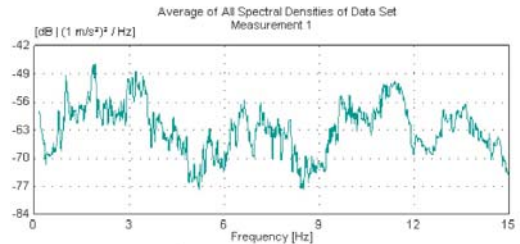
Şekil 13. Referanslı olarak gerçekleştirilen ikinci ölçüm düzeneği



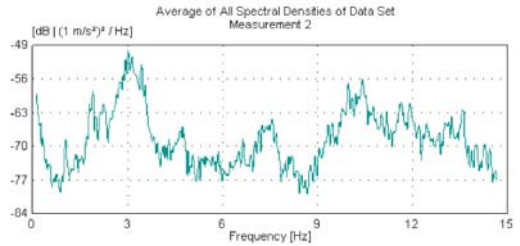
Şekil 14. İkinci ölçüm sistemine ait bazı görünüşler



Şekil 15. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak ikinci ölçümden elde edilen tekil değerler

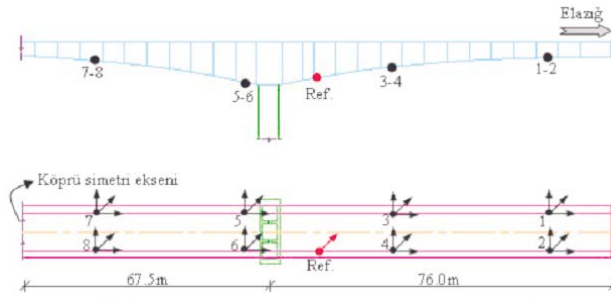


a) İkinci ölçüm testinin ilk adımı



b) İkinci ölçüm testinin ikinci adımı

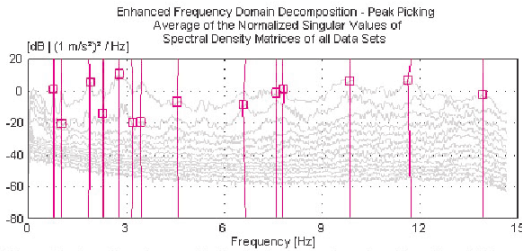
Şekil 16. İkinci ölçüm için bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları



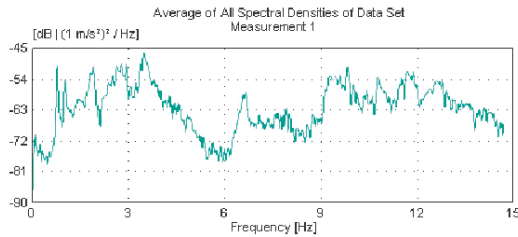
Şekil 17. Referanslı olarak gerçekleştirilen üçüncü ölçüm düzeneği



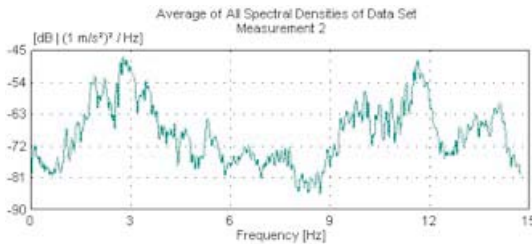
Şekil 18. Üçüncü ölçüm sistemine ait bazı görüşler



Şekil 19. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak üçüncü ölçümden elde edilen tekil değerler

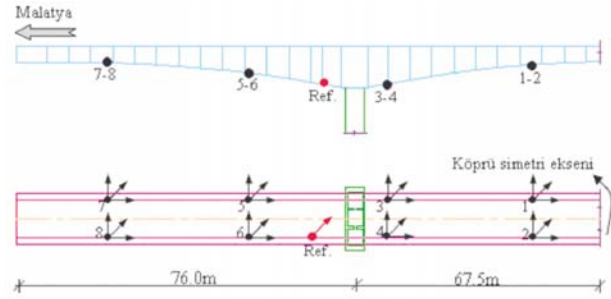


a) Üçüncü ölçüm testinin ilk adımı



b) Üçüncü ölçüm testinin ikinci adımı

Şekil 20. Üçüncü ölçüm için bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları



Şekil 21. Referanslı olarak gerçekleştirilen dördüncü ölçüm düzeneği

edilen tekil değerler ve bütün titreşim sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir.

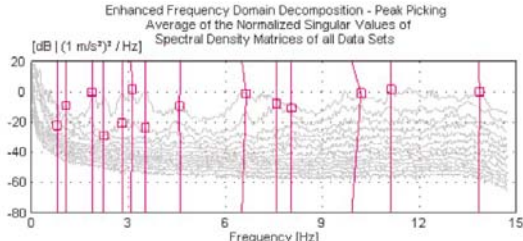
İlk iki ölçümden elde edilen frekans değerleri ile üçüncü ölçümden elde edilen frekans değerleri karşılaştırıldığında burulma modlarının daha hâkim olarak elde edildiği görülmüştür. Üçüncü ölçümden elde edilen mod şekilleri ilk iki ölçümden elde edilen mod şekilleri ile paralellik göstermektedir.

5.4. Dördüncü Ölçüm Testi

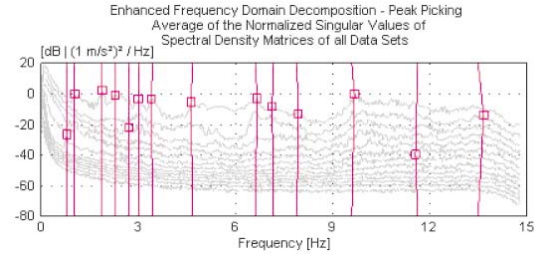
Dördüncü ölçüm testinde diğer ölçümlere benzer olarak biri referans olmak üzere dokuz farklı noktadan üç eksenli ivmeölçerler kullanılarak köprü'nün Malatya tarafındaki parçasından titreşim verileri toplanmıştır. Ölçüm testi hazırlanırken seçilen noktalar üçüncü ölçüm sisteminin simetrisi olacak şekilde seçilmiştir. Bunun amacı, hem köprü'nün orta açıklıkta bulunan mafsallarıyla ilgili hareketi yapıp yapmadığının kontrol edilmesini sağlamak hem de köprü'nün Malatya tarafında kalan parçasını burulma açısından incelemektir. Ölçüm testi iki adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler Şekil 21'de gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına yerleştirilmiş ve titreşim verileri toplanmıştır. İkinci adımda ise ivmeölçerler 5, 6, 7 ve 8 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu iki ölçümdeki titreşim sinyalleri Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleştirilmiştir. Dördüncü ölçüme ait bazı görüşler Şekil 22'de verilmektedir.



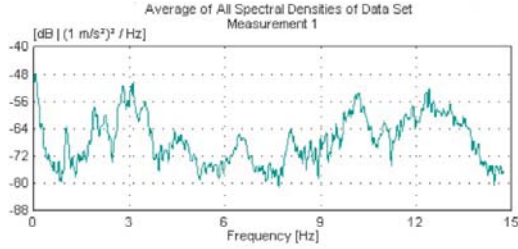
Şekil 22. Dördüncü ölçüm sistemine ait bazı görüşler



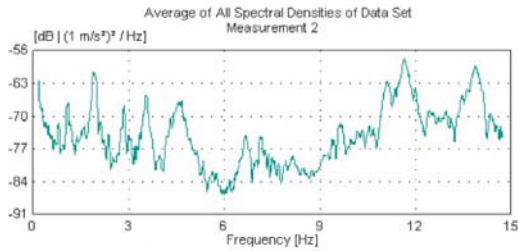
Şekil 23. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak dördüncü ölçümden elde edilen tekil değerler



Şekil 27. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak beşinci ölçümden elde edilen tekil değerler

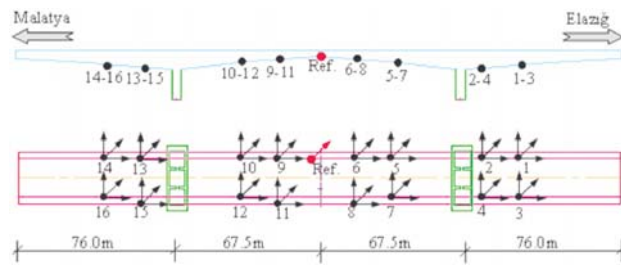


a) Dördüncü ölçüm testinin ilk adımı



b) Dördüncü ölçüm testinin ikinci adımı

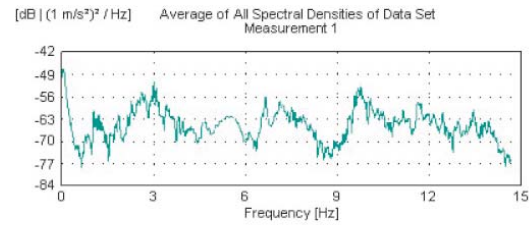
Şekil 24. Dördüncü ölçüm için bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları



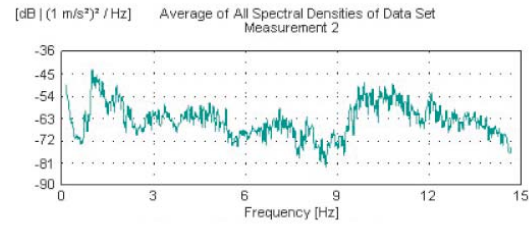
Şekil 25. Referanslı olarak gerçekleştirilen beşinci ölçüm düzeneği



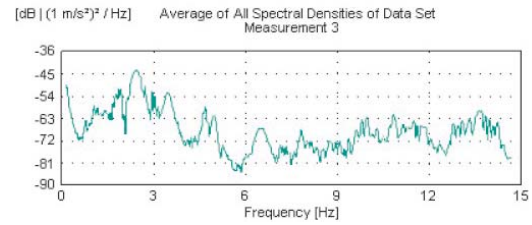
Şekil 26. Beşinci ölçüm sistemine ait bazı görünüşler



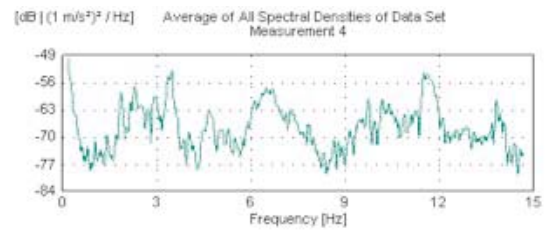
a) Beşinci ölçüm testinin ilk adımı



b) Beşinci ölçüm testinin ikinci adımı

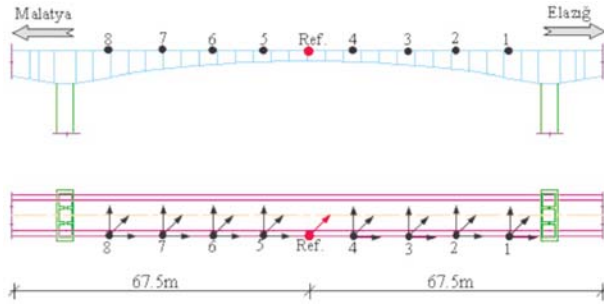


c) Beşinci ölçüm testinin üçüncü adımı



d) Beşinci ölçüm testinin dördüncü adımı

Şekil 28. Beşinci ölçüm için bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları



Şekil 29. Referanslı olarak gerçekleştirilen altıncı ölçüm düzeneği

Şekil 23 ve 24'de dördüncü ölçüm testine ait bütün sinyallerden elde edilen tekil değerler ve bütün titreşim sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir.

İlk iki ölçümden elde edilen frekans değerleri ile dördüncü ölçümden elde edilen frekans değerleri karşılaştırıldığında burulma modlarının daha hâkim olarak elde edildiği görülmüştür. Üçüncü ölçümle dördüncü ölçüm karşılaştırıldığında da köprünün Elazığ ve Malatya taraflarında kalan parçalarının hemen hemen aynı dinamik davranışı sergilediği belirlenmiştir. Dördüncü ölçümden elde edilen mod şekilleri ilk üç ölçümden elde edilen mod şekilleri ile paralellik göstermektedir.

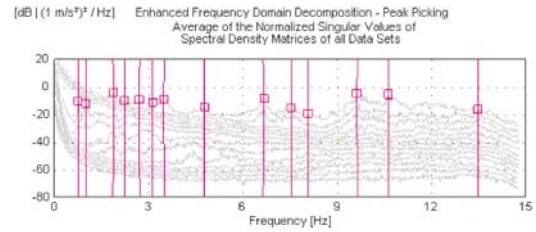
5.5. Beşinci Ölçüm Testi

İlk dört ölçüm ile köprünün Elazığ ve Malatya parçalarının davranışları ayrı ayrı incelendikten sonra beşinci ölçüm olarak köprünün toplam uzunluğu boyunca ölçülüp hakim davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Beşinci ölçüm testinde diğer ölçümlere benzer olarak biri referans olmak üzere dokuz farklı noktadan üç eksenli ivmeölçerler kullanılarak köprünün titreşim verileri toplanmıştır. Ölçüm testi hazırlanırken seçilen noktaların köprünün olası teorik mod şekillerinin belirlenebileceği yerlere yakın olmasına özen gösterilmiştir. Ölçüm testi dört adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler Şekil 25'de gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına, ikinci adımda 5, 6, 7 ve 8 noktalarına, üçüncü adımda 9, 10, 11 ve 12 noktalarına, dördüncü adımda da 13, 14, 15 ve 16 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu dört adımdaki titreşim sinyalleri köprü orta noktasına yerleştirilen ve Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleştirilmiştir. Beşinci ölçüme ait bazı görüşler Şekil 26'da verilmektedir.

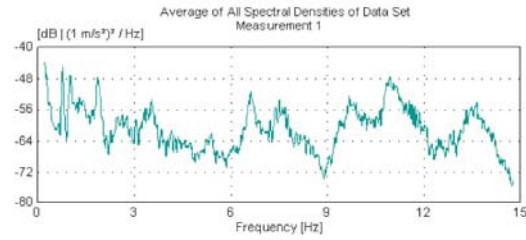
Şekil 27 ve 28'de beşinci ölçüm testine ait bütün sinyallerden elde edilen tekil değerler ve bütün titreşim



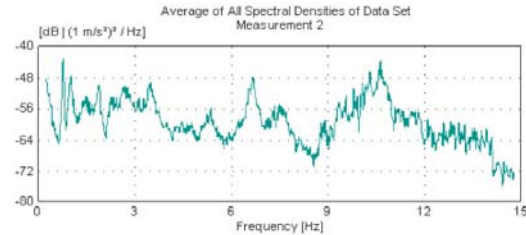
Şekil 30. Altıncı ölçüm sistemine ait bazı görüşler



Şekil 31. Piklerin seçilmesi yöntemi kullanılarak altıncı ölçümden elde edilen tekil değerler



a) Altıncı ölçüm testinin ilk adımı



b) Altıncı ölçüm testinin ikinci adımı

Şekil 32. Bütün kanallardan elde edilen titreşimlerin spektral yoğunluk ortalamaları

sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir. İlk beş ölçümden elde edilen dinamik karakteristikler karşılaştırıldığında elde edilen verilerin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Beşinci ölçümden elde edilen mod şekilleri ilk dört ölçümden elde edilen mod şekilleri ile paralellik göstermektedir.

5.6. Altıncı Ölçüm Testi

Altıncı ölçüm testi köprünün orta ayaklar arasında kalan ana açıklığının davranışını belirlemek amacıyla kurulmuştur. Bu ölçümde diğer ölçümlere benzer olarak

biri referans olmak üzere dokuz farklı noktadan üç eksenli ivmeölçerler kullanılarak köprünün titreşim verileri toplanmıştır. Ölçüm testi hazırlanırken seçilen noktaların köprünün olası teorik mod şekillerinin belirlenebileceği yerlere yakın olmasına özen gösterilmiştir. Ölçüm testi iki adım olarak kurulmuştur. İlk adımda ivmeölçerler **Şekil 29**'da gösterilen 1, 2, 3 ve 4 noktalarına, ikinci adımda ise 5, 6, 7 ve 8 noktalarına yerleştirilmiştir. Bu iki adımdaki titreşim sinyalleri köprü orta noktası olan ve Ref. olarak gösterilen noktaya yerleştirilen tek eksenli ivmeölçer yardımıyla birleştirilmiştir. Altıncı ölçüm düzeneğine ait bazı görünüşler **Şekil 30**'da verilmektedir.

Şekil 31 ve **32**'de altıncı ölçüm testine ait bütün sinyallerden elde edilen tekil değerler ve bütün titreşim sinyallerinin ortalama spektral yoğunluk değerleri gösterilmektedir. Altıncı ölçümden elde edilen mod şekilleri ilk beş ölçümden elde edilen mod şekilleri ile paralellik göstermektedir.

Kömürhan Köprüsü'nün SAP2000 sonlu eleman programı kullanılarak gerçekleştirilen modal analizlerinden ve deneysel ölçümlerinden elde edilen dinamik karakteristikleri **Tablo 2**'de karşılaştırılmalı olarak verilmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Malatya-Elazığ devlet yolu üzerinde bulunan Kömürhan Köprüsü'nün dinamik karakteristiklerinin analitik ve deneysel modal analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Deneysel ölçümler sırasında hem köprü kutu kesit içerisinden hem de köprü tabliyesi üzerinden çeşitli titreşim ölçümleri alınmış olup, elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak ince-

lenmiştir. Deneysel ölçümler sırasında titreşim hareketi olarak taşıt yükünden yararlanılmıştır. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlara varılabilmektedir;

- Köprünün analitik ve deneysel modal analizleri sonucunda elde edilen frekans değerlerinin birbirlerine yakın olduğu ve ilk on dört frekansın 0-14Hz aralığında bulunduğu görülmüştür.
- Analitik ve deneysel mod şekilleri dikkate alındığında, 1., 3., 10. ve 12. modların köprünün enine doğrultudaki hareketi, 2., 4., 5., 8., 9., 11., 13. ve 14. modların köprünün düşey doğrultudaki hareketi, 6. ve 7. modların ise köprünün boyuna doğrultudaki hareketi olarak elde edildiği görülmüştür.
- Birinci ve ikinci ölçümler ile üçüncü ve dördüncü ölçümler birbirleriyle karşılaştırıldığında, köprünün orta açıklığında bulunan mafsal düzeneği ile birbirinden ayrılan Elazığ ve Malatya parçalarının dinamik karakteristiklerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- Deneysel ölçümler sonucunda elde edilen dinamik karakteristikler

ile malzeme özellikleri ve sınır şartlarındaki değişimler dikkate alınarak, köprünün sonlu eleman modelinin gerçek durumunu yansıtabilecek şekilde iyileştirilmesi gerektiği, böylelikle analitik ve deneysel frekanslar arasındaki küçük farklılıklarında giderilebileceği düşünülmektedir.

- Deneysel olarak belirlenen sönüm oranı değerlerinin köprünün ileri dinamik analizlerinde dikkate alınması, yapının gerçek davranışının belirlenmesinde daha etkili olacağı düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 106M038 numaralı TÜBİTAK Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projesi ve 2005.112.001.1 ve 2006.112.001.1 numaralı Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Deneysel ölçümler sırasında her türlü lojistik destek sağlayan Karayolları 8. Genel Müdürlüğü Köprüler Birimi Proje Müdürü Sayın Mehmet FİDAN'a ve bütün Karayolları çalışanlarına teşekkür ederiz.

Frekans No	Analitik Frekanslar (Hz)	Deneysel Frekanslar (Hz)						Deneysel Sönüm Oranları (%)
		Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6	
1	0.754	0.776	0.766	0.766	0.797	0.788	0.764	1.961
2	1.043	1.014	1.020	1.016	1.049	1.027	1.010	3.211
3	1.785	1.836	1.861	1.851	1.894	1.850	1.862	2.170
4	2.253	2.310	2.230	2.290	2.234	2.291	2.219	1.329
5	2.589	2.660	2.714	2.773	2.807	2.703	2.710	2.141
6	3.250	3.178	3.211	3.162	3.090	3.001	3.118	1.937
7	3.487	3.406	3.467	3.465	3.528	3.440	3.491	1.750
8	4.620	4.623	4.575	4.595	4.586	4.665	4.754	1.826
9	6.278	6.538	6.690	6.651	6.421	6.612	6.636	1.236
10	7.701	7.272	7.494	7.571	7.587	7.176	7.528	0.962
11	7.955	7.678	7.935	7.793	7.985	7.896	8.079	0.650
12	9.497	9.709	9.825	9.872	9.907	9.584	9.648	0.400
13	11.070	11.500	10.690	11.700	11.120	11.620	10.630	0.420
14	13.484	13.560	13.500	13.910	13.820	13.480	13.480	0.10

Tablo 2. Analitik ve deneysel olarak elde edilen dinamik karakteristikler

6. KAYNAKLAR

[1] Bayraktar A, Altunışık AC, Sevim B, Türker T. 2007. Modal Testing and Finite Element Model Updating of an Arch Type Steel Footbridge. *Steel and Composite Structures* 7 (6) 487-502.

[2] Bayraktar A, Altunışık AC, Türker T, Sevim B. 2007. Tarihi Yiğma Köprülerin Sonlu Eleman Modellerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle İyileştirilmesi. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu 1, 429-440, 27-29 Eylül, Ankara, Türkiye.

[3] Bayraktar A, Türker T, Altunışık AC, Sevim B. 2007. Determination of Dynamic Characteristics of Steel Footbridges by Analytical and Experimental Modal Analyses. *AESE* 163-172, 24-26 Oct., Antalya, Turkey.

[4] Bayraktar A, Altunışık AC, Türker

T, Sevim B. 2007. Tarihi Köprülerin Deprem Davranışına Sonlu Eleman Model İyileştirilmesinin Etkisi. 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 16-20 Ekim, İstanbul, Türkiye.

[5] Bayraktar A, Altunışık AC, Sevim B, Türker T. 2007. Karayolu Köprülerinin Sonlu Eleman Modellerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle İyileştirilmesi. 1. Köprü ve Viyadükler Semp. 29-30 Kasım, Antalya, Türkiye.

[6] Bayraktar A, Altunışık AC, Sevim B, Türker T, Ateş Ş, Adanur S. 2007. Determination of Earthquake Behavior of Highway Bridges by Operational Modal Analysis. *International Earthquake Symposium*, 22-26 October, Kocaeli, Turkey.

[7] Bayraktar A, Altunışık AC, Türker T, Sevim B, Ateş Ş. 2008. Comparison of Dynamic Characteristics of an Arch Type Steel Footbridge Before/After

Model Updating, Third International Footbridge Conference, July 2-4, Porto, Portugal.

[8] Bayraktar A, Sevim B, Altunışık AC, Türker T, Adanur S. 2008. Determination of Blast Vibration Effects on the Dynamic Behaviour of the Highway Bridges using Modal Testing, 8th International Congress in Advances in Civil Engineering, September 15-18, Famagusta, North-Cyprus.

[9] Brincker R, Zhang L, Andersen P. 2003. Modal Identification from Ambient Responses using Frequency Domain Decomposition. 18th Inter. Modal Analysis Conference 625-630 San Antonio, Texas, USA.

[10] OMA. 2006. Operational Modal Analysis, Release 4.0, Structural Vibration Solution A/S, Denmark.

[Url-1] <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?p=61036>, 07.03.2007.

STAJLAR

Bu yıl, üniversitelerin İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde okuyan öğrencilerin bu olanaktan yararlanabilmesi konusunda Şubemizin staj kurulunca farklı bir yol izlendi. Öğrencilerin ortalama ders notları, içinde buldukları öğrenim dönemi ve İMO Öğrenci üyesi olup olmadıklarına göre üç temel kritere göre öğrencilerin puanlamaları yapılarak tercih ettikleri firmalara yerleştirildi. Yerleştirilen öğrenciler Şubemizden aldıkları yazı ile firmalara müracaatlarını yaptılar. Şubemize toplam 78 firmadan toplam 206 stajyer talebi geldi. Staj için toplam 127 öğrenci başvuruda bulundu. Bu öğrenciler arasından toplam 86 kişi tercih yaptı ve tercih yapan öğrenciler firmalara yerleştirildi.

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi olarak, inşaat mühendisliği bölümünde okuyan öğrencilerimize staj olanağı sağlayan aşağıda adları yazılı kurum, kuruluş ve firmalara teşekkürlerimizi sunarız.

“Arslantaş Proje ve Uygulama Merkezi - Bahçeşehir Belediye Başkanlığı - 2ER Müşavirlik Proje Kont. Tic. AŞ. - Akçansa - Altuğ Mühendislik İnşaat Tic. Ltd. Şti. - Assan Yapı AŞ. - Atılım Beton - Atılım İnş. Teltstil ve Tic. AŞ. - Ayhanlar Yol Asfaltlama San. Tic. AŞ. - Bakırcı Yapı İnş. Elektronik San. Tic. Ltd. Şti. - Bakırköy Belediye Başkanlığı - Barma İnş. Taah. Proje Müş. ve Müh. Hizmetleri - Beşiktaş Belediye Başkanlığı - Beylikdüzü Belediye Başkanlığı - Biat İnşaat AŞ. - Bilgin İnş. Madencilik San. Tic. AŞ. - Bina Yapı Teknik Sistemleri San. ve Tic. Ltd. Şti. - Boğaziçi Proje Müh. Planlama ve İnş. San. Ltd.Şti. - Çiçek Yapı San. ve Tic. AŞ. - Çimsa Niğde Fabrikası - Doruk Müh. Prefabrike Beton San. Tic. Ltd. Şti. - Dünya Beton San. ve Tic. Ltd. Şti. - Elfa Mühendislik Danışmanlık ve Tic. Ltd. Şti. - Enet Proje Araştırma ve Müş. AŞ. - Erdemli Proje ve Müş. San. Tic. Ltd. Şti. - Esenler Belediye Başkanlığı - Gama Nürol Ortaklığı - Gelişim İnş. Proje San. Tic. Ltd. Şti. - Geobos Zemin Güçlendirme Ltd. Şti - Hadeka İnş. Tur. San. Tic. Ltd. Şti. - İlka İnş. Taah. Tic. Ltd. Şti. - İller Bankası, 1. Bölge Müdürlüğü - İMT İnş. Müh. Taah. San. Tic. AŞ. - İnciler İnşaat Kum Ocağı İşl. Tic. San. AŞ. - İnter Yapı İnş. Müh. Hiz. Dan. Nak. Tur. İth. ve İhr. Tic. Ltd. Şti. - İstanbul 3E Mühendislik - Kale Müh. Mim. İnş. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti - Kemal Aktaş Müh. Hizmetleri - Kiska Adi Kom. Şti. - Oğuz Gürdel ve Ortağı - Kolin İnş. Tur. San. ve Tic. AŞ. - Limak Şanlıurfa Çimento - Metag İnşaat Tic. AŞ. - Oflaz Şirketler Grubu - Oğuz Oralları Müh. İnş. Tic. Ltd. Şti. - Onur İnş. Malz. San. Tic. AŞ. - Orient Research Müh. ve Dan. Hiz. Tic. Ltd. Şti. - Özde Müh. Müt. Mad. San. ve Tic. Ltd.Şti. - Özgün İnşaat San. Tic. Tur. Ltd. Şti. - Palye İnşaat Taah. San. Tic. AŞ. - Peker İnşaat Tic. San. Aş - Prof Yapı İnş. San. Dış. Tic. Ltd. Şti. - Sağlam Müh. İnş. Mak. Taah. San. Tic. Ltd. Şti. - Sangazi İlk Kademe Belediyesi - Selkan Müh. Mim. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. - Seyaş Sey Mim. Müh. Müş. AŞ. - Seyhan Hazır Beton San. Paz. Tic. Ltd. Şti. - Sidoma Tasarım Keşif İnş. San. Tic. Ltd. Şti. - Simetri İnş. Mim. San. Tic. Ltd. Şti. - Soyak Holding - Sultanbeyli Belediye Başkanlığı - Summa Turizm Yatırımcılığı AŞ. - Suta İnşaat ve Müh. Ltd. Şti. - Taşoluk Belediyesi - Tekfen Mühendislik AŞ. - Teknik İnşaat AŞ. - Tektaş Müh. Müş. Yap. San. Tic. Ltd. Şti. - Timsan Turizm İnşaat Montaj San. ve Tic. AŞ. - Tolay Mühendislik ve İnşaat - Tuzla Belediye Başkanlığı -Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği - Türkiye Şişe Cam Fab. AŞ. - Uransan Dış Tic. Yat. ve Taah. AŞ. - Yapı Merkezi İnş. ve San. AŞ.- Yapı Teknik İnş. San. Proje. ve Taah. Ltd. Şti. - Yavuz Mühendislik - Yazıcı Yapı İnş. San. Ltd. Şti. - Zirkon İnş. Tur. Tic. ve San. Ltd. Şti.”